養液栽培技術講習會專刊　第二輯　78～87，1989

固體介質之養液栽培

李　哖*

一、前　　言

世界工商業發達的結果，人口向都市集中，都市裡的人遠離自然，希望看到人以外的生命與自然色彩，於是盆花（potted flowers）、花壇植物（bedding plants）、觀葉植物（foliage plant）、室內造景（interior landscaping）及盆栽苗圃業應運而生。除消費者的需求外，地價與工資的上漲，使生產者，須謀求最有利的經營方式，而盆栽植物，可以延長栽培季節與販賣時間，易於搬運與控制栽培環境因子，並能有效地運用生產土地與人工。作物連土帶盆包裝美化後出售，增加可售範圍，是一方興未艾有利可圖之新生產方式，台北市建國假日花市，即以出售盆栽者為主，對花農收益及提升國民生活品質貢獻良多。

栽培介質應具有貯存養分、保持水分、通氣良好及固定植物之作用。一般花卉作物若栽植於田裡，與一般作物相似都能長的不錯，但若將土裝於盒，盆底即是地下水位，而一般的花盆高度在18～5cm間（如育苗聯盆其高度祇5cm而已）若介質顆粒小，由於毛細現象，則淺盆者幾乎是水浸狀，為改善通氣性，必需採用較粗質地（texture）者。又盆土容量有限，需經常澆水，常造成嚴重養分流失問題。故介質需選擇保水力強、通氣好、貯養力高之栽培介質，且不宜太輕使植物易倒伏，也不宜太重，不利搬運，同時具相同品質容易獲得，不具有害物質而價格合理者。如此，一般土壤難於滿足上述條件，無土栽培乃起而代替傳統的砂壤腐葉等有機物混合之培養土。

溫室裡的切花，大多採用低床或高床生產，在1950年以前，經常更換土壤，以防土壤因集約栽培所發生的連作問題。因工資昂貴又好土不易求得下，至1950年後，土壤的消毒技術（soil pasteurization）建立後，就不須更換土壤了。近年發展養液栽培（nutriculture），可高度自動化及控制作物養分，免於土壤消毒，這種技術，亦是無土栽培之一種，值得溫室切花生產者之參考。在蘭花的無菌播種及組織培養更是無土栽培技術之一種。若要瞭解固體介質之施肥，首先得瞭解各種根生長固體介質之特性，其施肥方法、成分與量，須依作物、季節、介質特性而修正之。

二、根生長介質之特性

㈠有機物之穩定性：

介質內含有硬木屑、甘蔗渣等有機物易於分解者，介質體積容易減少，使物理性狀變劣，最好採用分解較慢者，如水苔泥炭土。

㈡碳氮比：

有機物中主要的成分是碳，其碳氮比最好在30左右，若超出30，應多加氮肥。如木屑其碳氮比約1000：1，則每加入一噸木屑，應多加入12kg的氮，以供微生物分解木屑時所需之氮源，免與作物競爭介質中之氮源而使作物有缺氮之虞。樹皮之碳氮比約為300：1，則每噸樹皮應加入

* 國立台灣大學園藝系教授

3.5kg的氮肥。

㈢介質之體積比重：

介質太輕、花盆易倒，太重不利機械操作及搬運，認為適宜的體積比重在浸水後640～1,200 g／d㎥（表一）。台灣栽植蘭花介質中，放入碎石，可增加通氣性，防倒伏及供應一些礦物元素，可說是物美價廉，但保水力差、太重、體積又大，不雅觀是其缺點。若栽植吊籃，質輕是重要條件之一，採用用蛭石、水苔泥炭及真珠石則甚理想。

表一　土壤及各種介質之物理性質

材料	體積比重 乾比 gm／d㎥	體積比重 濕比 gm／d㎥	保水力 %	排水後之容氣量
粘壤	941	1,493	54.9	4.7
砂壤	1,586	1,952	35.7	1.8
水苔泥炭	104	693	58.8	25.4
真珠石	96	394	47.3	29.8
蛭石 0—3／16″	109	640	53.0	27.5
稻殼	102	229	12.3	68.7
細砂	1,496	1,840	33.7	2.5
木屑	174	669	49.3	27.9
粘壤／水苔泥炭	541	1,163	61.0	10.0
細砂／樹皮 0—1／8″	845	1,224	37.4	15.2
細砂／水苔泥炭	739	1,213	47.3	9.4
細砂／木屑	920	1,299	40.5	12.1
水苔泥炭／真珠石（3／16－¼″）	110	600	51.3	23.6

㈣保水力和通氣性：

選擇的介質，在澆水後含水量依體積比在35～50%，而空氣佔10～20%為適。由表一觀之，粘壤、砂壤和細砂雖保水力好，但通氣性太差，而水苔泥炭、真珠石、蛭石和木屑則保水通氣均佳，單細砂通氣性不佳，若拌入樹皮或水苔泥炭或木屑，則通氣保水性大為增加。稻殼則保水力甚差。

㈤陽離子交換能力：

介質中的有機物、蛭石和土壤中的粘粒具負電荷，可吸附陽離子如銨態氮、鉀、鈣、鎂、鐵等陽離子，陽離子交換能力（cation exc-hange capacity, CEC）表每100cc乾介質中含多少毫當量（millieq-uivalent）的陰離子電荷。一般而言CEC在6～15me／100cc甚為理想。水苔泥炭、蛭石及粘土CEC都高，而砂、真珠石、稻殼及保利龍之CEC則低。新鮮樹皮及木屑之CEC祇有8me／100g，但當堆積後其CEC可增至60me／100g或以上。

㈥pH：

含土壤之pH在6.2～6.8為宜，但無土介質則應在5.4～6.0之間。水苔泥炭和松樹皮是酸性、砂和真珠石是中性，而蛭石和硬木屑則常呈鹹性。在種植之前，培養土應調整pH，太酸者以白雲石粉（dolomite）調配之。

三、無土介質的成分

㈠無機成分：

包括砂、真珠石、蛭石、煤渣、礦渣、浮石及鍛燒粘土等，其主要作用在增加介質中大孔隙之數量，以促進介質之排水及通氣性。

1.砂（Sand）

砂可增加介質中較粗之質地而增進介質之排水性與通氣性，粒徑0.05～2.0㎜者均屬之，但以0.25～0.5㎜最適合用於盆栽介質中，太小反而會填滿小空隙使介質之結構更加緊密。砂不會引起化學或生物變化，不具緩衝力（buffer），含有極微量養分，保水力與陽離子交換能力極低，價錢低廉但非常重（約100磅／立方英尺），通常用量佔介質體積的25%以內，以減少搬運費用，其主要功用在增加介質通氣性與排水性，並固定、支持植株，使花盆不易被風吹倒。

2.蛭石（Vermiculite）

蛭石是由類雲母（micalike）之矽酸鹽礦物經760℃～1000℃的高溫加熱膨脹為無數互相平行的薄片，薄片之間可保存水分與養分，並且表面有無數負電荷，故陽離子交換能力甚高，可達20～30meq／100g。依產地可分兩種，一為美國蛭石，一為非洲蛭石，其pH值在7～9間。台灣市面出售的蛭石，原石來自非洲，其成分含二氧化矽（SiO_2）42.2%，三氧化二鋁（Al_2O_3）19%，三氧化二鐵（Fe_2O_2）14%，氧化鈣（CaO）2.08%、氧化鎂（MgO）12.75%、氧化鉀（K_2O）3.38%，可見含鎂量高，可供植物全部之鎂需求量，鉀含量也可供植物部分需求。蛭石拌入土中可使介質的pH值與鉀、鎂、鈣之含量增高，磷含量降低，使植株之鉀含量增高，但會降低其鈣含量。

蛭石之保水力與保肥力極佳，通氣性好，質輕（7～10磅／立方英尺），故為極佳的無土介質之一。但其結構疏鬆易受外力破壞，而嚴重降低其通氣性，故不宜與土壤共同使用，適用於短期（3～4個月內）之盆栽，並為極佳之播種介質，在商業上常與水苔泥炭共同使用於花壇植物之栽培。

3.真珠石（Perlite）

真珠石又稱白硅石、白硅素，原石出產於日本與希臘。市售之真珠石由希臘進口原石將此矽酸鋁火山岩先經粉碎，再經760℃～982℃的高溫加熱，使粒子內的水分變成蒸氣而膨脹成白色小球，並且有無數封閉而充滿空氣的小室，可浮於水面。真珠石本身並不會吸水，但水分可附著於顆粒表面，可攜帶本身重量3～4倍的水分。pH值約為7.0～7.5，近中性，不引起化學變化，不具緩衝力，無陽離子交換能力，不影響介質之酸鹼度，品質一致，無病蟲害，不腐化或分解，與土壤混合使用不易擦破變碎。

真珠石極輕，僅6～8磅／立方英尺，可取代笨重的砂而增加介質的通氣性，潮濕時極易與其他成分混合均勻。其成分主含二氧化矽（SiO_2）75.5%、三氧化二鋁（Al_2O_3）15.3%、三氧化二鐵（Fe_2O_3）0.9%、氧化鈣（CaO）0.12%、氧化鉀（K_2O）4.0%和氧化鈉（Na_2O）3.5%，其

中鉀、鈉、鈣、硼可供植物生長所需，但若用於觀葉植物，則其內所含的鈉、鋁及一些可溶性氟可能會傷害葉片，使用前應充分以水淋洗。

4.鍛燒粘土（Calcined clay）

係由粒徑均一的蒙特石（montmoril lonite）粘土礦物經740℃～760℃之高溫鍛燒而成，具有多數孔隙，其陽離子交換能力及保水、保肥力均高，不含病蟲害或草籽，每立方英尺重約38磅，性質穩定不分解，能抗緊壓，適用於栽培期較長的盆栽介質，多半以介質體積10～20%之比例拌入使用，主要功能在增加介質之通氣性。

5.煤渣（Cinders）

煤渣具有多量孔隙並具有粒狀結構，能使介質產生較大的空隙，其陽離子交換能力及保水、保肥力均低，但含大量硫酸鹽，使用前應先堆積一年並篩除顆粒過大或過小者，故價錢雖然低廉，但因需要沖洗脫鹽及過篩而增加成本，無法與真珠石或蛭石競爭。於介質中拌入50%的煤渣可使排水及通氣性大為提高。

6.礦渣、浮石（Acoria，pumice）

礦渣具有多數孔隙，重約30磅／立方英尺。浮石為火山熔岩經快速冷卻所形成，重量極輕，可取代真珠石使用。

7.岩綿（Rockwool）

在1970年代由丹麥公司最早製成，主要岩石是Diabas，當加溫至1600℃岩石熔解，經高速旋轉成小滴再將之拉成纖維狀，冷卻壓縮成塊。其他化學成分與一般土壤化學成分相似，含二氧化矽（SiO_2）47%，三氧化二鋁（Al_2O_3）14%，二氧化鈦（TiO_2）1%，氧化鐵（FeO）8%，氧化鈣（CaO）16%，氧化鎂（MgO）10%，氧化錳（MnO）1%，氧化鈉（Na_2O）2%和氧化鉀（K_2O）1%。無毒無菌，岩綿塊含空隙97%，保水力82%，不具陽離子交換能力，pH7～8.5，但若施以微酸性肥料，很快就可降到pH6，現在荷蘭、法國與日本均有生產。台灣最近由日本引入，用於蝴蝶蘭之栽培效果甚佳，優於泥炭土、椰子殼等有機介質。

8.有機合成物

保利龍碎片或粒狀物、泡綿（商品名為Oasis）、尼龍纖維類（商品名為人造土），雖是有機合成物，當介質用時其性質類似無機物。保利龍碎片性質類似真珠石，質輕，具改善介質通氣及比重，應用於蘭及觀葉植物栽培效果甚佳。泡綿吸水性及通氣性類似岩綿，應用於扦插繁殖及栽培火鶴花、蘭類效果極佳。而台灣出產的〝人造土〞，係將紡織業之廢棄物中之人造纖維加工成顆粒狀，吸水通氣性佳，現廣泛用於蘭之栽培及屋頂花園，上述三類均不具陽離子交換能力，長期栽培，養液管理較容易。

㈡有機成分：

可用於盆栽介質的有機成分包括泥炭、樹皮、木片、木屑、稻殼、花生殼、稻草、垃圾堆肥、甘蔗渣、污泥等。

1.泥炭（Peats）

泥炭大致可分為三大類：水苔泥炭（peatmoss），呈淺黃褐色～褐色，多來自水苔（sphagnum）或立灰蘚（hypnum moss）。其pH值在3.0～4.0，含氮1～2%但不被視為肥料來源，且其本身分解很慢，所以不會發生因氮被微生物固定而使植物缺氮之情形；含磷0.02～0.1

%，鉀0.02～0.08%，鈣0.12～1.78%。陽離子交換能力及保水力很強，可保存其體積60%或乾重10～20倍的水分，但乾燥時非常不易吸濕，故介質中應拌入展著劑（wetting agent）。在介質中加入25～75%的水苔泥炭，可增加粘重土壤之排水性與通氣性，亦可增加輕鬆介質之保水保肥力。介質中拌入泥炭者，植株葉片中鎂及鐵含量會增高。

蘆葦莎草泥炭：呈紅褐色～褐色，多由蘆葦、莎草等沼澤植物所形成，分解程度較高；pH 4.0～7.5，質細且分解快速，不宜用於盆栽介質。

腐植泥炭（Peat humus）：呈紅褐色～黑色，由前二種泥炭所構成，分解程度最大，pH 5.0～7.5，保水力最低，含氮2.0～3.5%，不宜種植對鹽分敏感植物或作為播種之用，當被微生物分解時，會放出銨態氮而對小苗、非洲菫、金魚草、杜鵑等植物有害。泥炭產於潮濕冷涼地區，尤以北歐之芬蘭及北美洲之加拿大等靠近北極圈之地區所產者最優良。台灣之埔里雖也有少量出產，品質不佳，不適用為盆栽介質。

水苔泥炭多於北方沼澤地區形成，以加拿大所產之水苔泥炭，約每300年生成一呎厚，距地表愈下者生成的愈早，上面的生成時間較短，深50呎處之水苔泥炭，則約於15,000年前生成。生成較久者色深，纖維較細，生成年代較近者色淺，較輕，通氣性較好（表二），可說品質優於色深者。一般泥炭土開採公司，將水苔泥炭開採後設法把水分降到35%，再打包。為方便園藝用途，常加入白雲石粉調pH至5.5，有者再加入肥料。

表二　深淺兩種水苔泥炭土之物理性狀

	體積比重 kg/ m³	孔隙度 %	空　隙 %	含水量 %
淺色水苔泥炭	40～ 58	95～97	15～40	55～82
深色水苔泥炭	80～130	92～96	12～25	67～83

2.樹皮（Barks）

樹皮為木材廢棄物之一，目前已被廣泛地應用於盆栽介質，可取代水苔泥炭及土壤，價錢非常低廉，使用前雖要經過堆積，但其成本在美國為進口水苔泥炭的1／4～2／3左右，盆栽介質中常用者為粒徑在一公分（3／8英寸）以下之樹皮，有抑制線蟲生長之效。樹皮之分解與其碳氮（C／N）比有關，樹皮的碳氮比約為300：1，與土壤混合，土中之微生物會分解樹皮組織而利用其中的碳和氮，若樹皮含氮量不足供微生物利用，則會與植物競爭土壤中的氮而易造成植物缺氮的情形，尤以分解初期最嚴重。樹皮上若附有形成層及木材等組織，則分解更快，更加強了氮固定之問題。此外有些樹皮含有各種　類化合物，會抑制植物生長，而且新鮮樹皮之離子交換能力低，僅8meq／100g，故保肥力不好。樹皮經堆積分解後，陽離子交換能力達60meq／100g以上，並可除去其中所含之　類化合物。堆積分解期間會產生熱，可除去有害之昆蟲、線蟲、病原體及草籽；經3個月～1年的堆積後再拌入銨態氮經4～6週堆積即可使用。

3.木屑（Sawdust）

木屑是最常被用為栽培介質之木材副產品之一，介質中1／2～2／3的泥炭可用木屑取代，對小苗生長並無不良影響。木屑之pH值與是否含有有毒之單寧酸、松脂或樹脂，乃視樹種而異，

使用時應選擇樹種，以避免毒害之發生；硬木（hardwood）屑常含有有毒之　類物質，經堆積44天以上或以蒸氣加熱除去大多數的對植物有毒物質（phytotoxins），而小苗對此類毒素之敏感性則視植物種類而定，如非洲鳳仙花小苗的介質若木屑含量超過1／3，則長不好。播種介質以不採用為宜。

木屑之特性與樹皮相似，其碳氮比為1000：1，若拌入土中會造成嚴重缺氮。硬木屑顆粒較細，分解快，故其缺氮之情形較木屑嚴重。木屑堆積於底層者，可能會因未受到淋溶作用（leaching），又發酵時無足夠的氧氣，產生揮發性有機酸傷害植物，此種木屑顏色較深且具有尖銳之辣味。木屑之堆積常拌入氮肥，堆積分解一個月後會呈酸性，故要拌入石灰物質，而木屑在完全分解後則近於中性。各種介質拌入木屑均會改善介質之物理性質，木屑分解後其團粒性及陽離子交換能力均會增加，而木屑含有大量之木質素，故比一般有機堆肥更持久。選擇木屑使用應選擇堆積越久之軟木屑越好。在台灣以福州杉木屑最易獲得，效果也最好，與砂混合，若澆水施肥恰當，可生產極佳之盆花。

4.稻殼（Rice hulls）

稻殼為農產品廢棄物之一，其優點為便宜、質輕而可減輕介質13～19%之重量，排水性與通氣性佳，不會影響介質之酸鹼度，可溶性鹽類或肥分低，不易分解，但若予以蒸氣消毒會釋出錳而對植物有害，使用前常半熟化（parboiled）以除去病害，由於稻殼的的碳氮比高，施用時應增加氮肥10%之用量。稻殼對改善粘重土壤之通氣性有極佳之效果，但用量應少於介質體積之25%。經碳化的稻殼拌入介質中無需增加氮的用量，若碳化過度，顆粒粉碎則無法改善通氣性。

5.花生殼（Peanut hulls）

花生殼亦為農產品廢棄物之一，具有質輕、抗分解等特性，並具多量纖維，常拌入栽培杜鵑之泥炭中，以增加介質之排水與通氣性。盆栽菊花之土壤中拌入20%之花生殼，植株品質與種於土／泥炭者相近，故花生殼亦可取代水苔泥炭而降低成本。但花生殼可能帶有寄生性線蟲及土壤病原菌，故應以溴甲烷或蒸氣消毒後使用。台灣工技學院曾製出胺化花生殼，以之拌砂與杉木屑，可使草花生長良好。

6.甘蔗渣（Bagase）

甘蔗渣為農產品廢棄物之一，具有高度的保水力，含糖量高，且因其碳氮比高，分解快速，用於容器栽培常造成介質之通氣不良與體積縮小，通常僅限於短期栽培時使用。完全腐熟之甘蔗渣，使用量佔介質體積之20%以下，並增加氮肥用量。台糖所產之甘蔗渣亦可用於無土介質，但效果不若杉木屑。

7.垃圾堆肥（Garbage compost）

垃圾堆肥為都市之廢棄物，經三週之處理便可使用，其用量為介質體積之25～30%為宜，一般垃圾堆肥大約含0.5%之氮、磷、鉀及一些硫、鈣、鎂、銅、鋅、硼、鐵等元素，拌入介質中可增加pH值及磷、鉀、鈣之含量；用於栽培菊花可增加花朵數並提早開花。目前本省垃圾問題嚴重，可惜因無垃圾分類制度，故其堆肥不易利用，若能實行分類制度（如歐美、日本然），則可利用其有機物作堆肥解決部分垃圾出路問題，並可將不易分解之物（如玻璃瓶、塑膠袋）另外處理，解決公害，一舉數得。

8.污泥（Sewage sluge）

脫水下水道污泥性如泥炭土，可為有機介質，也具有緩效性肥料之功用，在介質中拌入1／3

用量對草花及盆菊非常理想，但切記不要種葉菜類，以免重金屬累積太多於菜葉，有傷人體健康。

9.蛇木屑

杪欏科（Cyatheaceae）的植物都是多年生的喬木狀的蕨類，其莖直立，外表常被有纏結堅固的不定根，取下這些不定根分離或細碎以後，即稱為蛇木屑，是台灣地區種植蘭花的重要介質。台灣產的杪欏科植物有杪欏屬六種和筆樹屬（Sphaeropteris）一種共七種。其中以筆筒樹和台灣杪欏最普遍。

四、無土介質的選擇

大部分良好的花卉盆栽介質是由兩種或兩種以上成分依不同比例混合而成，其物理化學性質較單獨使用一種成分當盆栽介質要好。在選擇盆栽介質時要考慮操作方便、價格便宜、性質一致、無毒性、質地輕、陽離子交換能力高、通氣性佳、保水力強、適當的碳氮比和pH值，和耐衝擊等。以觀葉植物為例，其標準盆栽介質之物化性質如表三。

表三 標準觀葉植物盆栽介質之物化性質

容積比重：	0.30～0.75 gm/ cm^3（乾重比）；0.60～1.2 gm/ cm^3（濕重比）
保 水 力：	佔體積之20～60%
總空隙度：	排水後之空隙佔體積之 5～30%
pH 值：	5.5～6.5
陽離子交換能力：	2～40 me/ 100g（乾重比）

下面建議一些花卉的盆栽介質混合比例：

(一)康乃爾大學觀葉植物盆栽介質

1.適用於喜歡潮濕之觀葉植物

水苔泥炭：蛭石：真珠石＝2：1：1

2.適用於耐旱而需通氣性良好的觀葉植物

水苔泥炭：真珠石：樹皮＝1：1：1

泥炭土：真珠石：樹皮＝1：1：1

(二)夏威夷大學盆栽介質，適用於需通氣良好的植物

刨木屑：煤渣＝1：2

(三)德州農工大學觀葉植物栽培介質

水苔泥炭：真珠石＝1：1

(四)佛羅里達大學盆花栽培介質

(1)水苔泥炭：樹皮：刨木屑＝2：1：1

(2)水苔泥炭：樹皮＝1：1

(3)水苔泥炭：砂＝1：1

(1)的通氣性比(2)好，(3)適用於大容器。

㈤台灣大學之花卉無土介質

1.水苔泥炭：真珠石（粗）＝1：1蘭花栽培，亦可採用岩棉：保利龍碎片＝4：1，或Oasis

2.水苔泥炭：蛭石：真珠石（細）＝2：2：1草花播種介質及吊籃

3.水苔泥炭：真珠石：蛭石：蛇木＝1：1：1：1蕨類植物及蘭花

4.砂：杉木屑＝1：1一般草花

五、無土介質之施肥法

以水苔為主或以樹皮為主的無土介質，在配製介質時，拌入過磷酸鈣（0～20～0）2.7kg／㎥、白雲石粉6kg／㎥，不易溶解的微量元素肥料，及展著劑110g／㎥。此時介質中已含有磷、鈣、鎂、硫及微量元素，以後澆水時把最易流失也需要最多的氮和鉀肥施入，氮和鉀各200ppm適用於一般花卉作物如菊、香石竹等。硝酸鉀為鉀源優於氯化鉀；100公升水中溶入硝酸鉀56g，和硫銨62g或尿素31g或硝酸銨37g或硝酸鈣114g，就可得鉀和氮各200ppm的肥料液（表四）。此肥料液可濃縮成100～200倍，待用時再稀釋。氮肥中，硝酸態氮與銨態氮之比以7：3至1：1為適。加州大學的液肥以採Hoagland氏配方為主，而康乃爾大學則採一週施用200ppm的氮和鉀（由硝酸鉀和硝酸鈣配成），另一週則施用Peters（20-20-20）1g／ℓ。主要施用次數及濃度依作物及生育狀況而定。在溫室快速生長的作物，每次澆水均以肥料液施用。商品上有緩效性肥料如Osmocote, Nntricote拌入介質效果更佳。

近年發展之養液栽培（nutriculture），主要有NFT（Nutrientfilm technigue）系統及岩棉栽培（rock wool culture）。岩棉栽培係採開放式，養分不回收重用，可省設施費及病害傳染問題，其養水分以滴灌供應，其量依作物需要量及蒸發量而定，對養水分浪費甚少，此法在荷蘭非常適用於玫瑰生產，而加州聖誕紅母株以岩棉栽培法效果也很好。在蘭花的組織培養或無菌播種所供給的養分更是齊全。

生產盆花與花壇苗物（bedding plants），須具良好栽培介質與適當施肥，一般花卉生產先進國家，均建議將平衡的可溶性肥料（balanced water soluble fertilizer）配入灌溉水中施用。以硝酸鉀、硝酸鈣、銷酸銨及磷酸二氫銨最為常用；因磷和鈣肥不易流失，若先拌入土壤或無土介質（soilless mix），或拌入緩效性肥料（slowreleasing fertilizer），則以後衹施鉀和氮液肥，便可生產一般花卉作物。

矮牽牛是歐美最普遍栽培之花壇植物，在臺灣於秋冬可當花壇苗物出售，冬春可當盆花、吊籃或花箱出售。盆土採用河砂（粒徑0.5～1㎜）與杉木屑各半混合介質，其生育不亞於蛭石與水苔混合介質，更優於砂壤拌入堆肥者。無土之砂耕或泥炭與蛭石混合介質，施用銨態氮均有銨毒害現象，以土壤栽培者，銨毒害現象較輕微。尿素肥效與硝酸態氮（NO_3-N）相近，而多種植物均以NH^+_4-N與NO^-_3-N在適當比例下生育最佳。臺灣肥料公司所出肥料，氮肥以硫銨和尿素為主，鉀肥以氯化鉀為主硫酸鉀為輔，先進國家推薦用於花卉作物之硝酸鉀、硝酸鈣、硝酸銨及磷酸二氫銨均付闕如。又從鉀肥之肥效而言，由短時間之鉀吸收試驗，植物對KNO_3之K^+和NO_3^-的吸收，均較同濃度KCℓ和K_2SO_4之K^+及Cℓ$^-$，SO_4^{-2}的吸收為多，長時間的生育觀察，燕麥也以KNO_3優於K_2SO_4和KCℓ，且以KCℓ和（NH_4）$_2SO_4$組合生育最差。施用KCℓ易造成生理性缺鉀（physiologicalpotassium deficiency），肥效不如K_2SO_4。K_2SO_4肥料係天然產物，其不純物在濃縮液中常不易溶解，又水中含Ca，遇SO_4^{-2}則成$CaSO_4$沈澱，致少用於管路施肥。

表四 不同氮和鉀源組成200 ppm 氮和200 ppm 鉀，配製100公升肥料液所需肥料量[3,2]

鉀 源	氯化鉀（KCl）	硝酸鉀（KNO_3）	硫酸鉀（K_2SO_4）
1公升溶液含1 ppm K所需 gm 數	0.00205	0.0028（同時含0.36 ppm N）	0.0025
200 ppm K 配100公升所需 gm 數	41	56	50
氮 源〔1公升溶液含1 ppm N所需 gm 數〕	與鉀源配成200 ppm N 於100公升肥料液所需氮源		
硫 銨（$(NH_4)_2SO_4$）（0.00486）	97	62	97
尿 素〔$(NH_2)_2CO$〕（0.0024）	48	31	48
硝酸銨（NH_4NO_3）（0.00303）	58	37	58
硝酸鈣〔$Ca(NO_3)_2$〕（0.00893）	179	114	179

註1：依工業或肥料級氮和鉀肥有效成分計算而得。如氯化鉀0.00205 gm 溶於1公升水溶液可得1ppm K，則100公升200 ppm 的鉀需氯化鉀41 gm（0.00205 gm/ ppm×200 ppm×100ℓ＝41 g/ 100ℓ）。若取硝酸鉀則需56克（0.0028 gm/ ppm×200 ppm×100ℓ＝56 g/ 100ℓ），其中含氮（NO_3-N）72 ppm（0.36 ppm×200＝72 ppm），若與硫銨組合則需硫銨62 g〔0.00486 g/ ppm×200 ppm－72 ppm）×100ℓ＝62 g/ 100ℓ〕

註2：將表內縱軸鉀鹽及任一種氮鹽溶成1公升水溶液，用時稀釋100倍，即得 N 和 K 各200 ppm 之各種氮和鉀源肥料液。

若需不同濃度氮和鉀肥，可採用下列公式計算之。

肥料濃縮液的計算

設肥料濃縮液稀釋200倍時，其氮為200ppm，鉀為300ppm，則所需肥料計算方法依下列公式：

公式(1) 濃縮液養分％＝ppm×稀釋倍數／10,000

則 濃縮液氮肥％＝200×200／10,000＝4%

濃縮液鉀肥％＝300×200＝／10,000＝6%

公式(2) 濃縮液需肥量gm／ℓ＝1,000×濃縮液養分％／肥料成分％

則 硝酸鉀＝1,000×6%／37%＝162g／ℓ

硝酸鉀內同時含13%的氮

則 13×162g／ℓ／100＝21g／ℓ＝2.1%的氮

其他不足的氮肥由尿素補足時：

則　尿素量＝1000×（4％－2.1％）／46％＝41g／ℓ

若由硝酸鈣來補足氮源時：

則　硝酸鈣＝1000×（4％－2.1％）／15.5＝123g／ℓ

由硝酸銨來補足氮源時：

硝酸銨＝1000×（4％－2.1％）／33.5＝157g／ℓ

硝酸鉀含K_2O為44～46％，取其平均值45％×0.83＝37％—K含量（K_2O含K係數為0.83）